

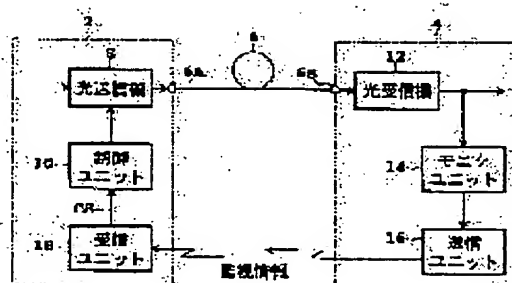
(11)Publication number : 2000-031900  
(43)Date of publication of application : 28.01.2000

H04B 10/02  
H04B 10/18  
H04B 3/04  
H04B 10/08

(72)Inventor : TSUDA TAKASHI  
YAMANE KAZUO  
KAWASAKI YUMIKO  
OKANO SATORU

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To perform wavelength dispersion and nonlinear compensation.

**SOLUTION:** An equipment 8 for sending out optical signals provided with variable optical power to an optical fiber transmission line 6 is provided and the optical signals transmitted by the transmission line are converted to electric signals by an optical receiver 12. A parameter relating to the waveform degradation of the electric signals is detected by a monitor unit 14 and a control unit 10 controls the optical power of the optical signals so as to improve the waveform degradation.



[Date of request for examination]  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number]  
[Date of registration]  
[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office





じるので、伝送可能距離は、図4の(B)に符号dで表

されるように、比較的長い。

10030)これに対して、光送信機8から出力される

光信号の光パワーが比較的大きい場合には、光ファイバ

伝送路6の非線形性を考慮しなければならぬ。光ファイバ

伝送路6における損失を考慮すると、光ファイバ伝

送路6における第1損失6Aに近い部分(例えば数十

kmの部分)では、SPMによるブルーシフトチャービ

ングが支配的になるであろう。

10031)より具体的には、光送信機8から出力され

る光信号の光パワーが比較的大きい場合には、異常分散

領域では、光送信機8及び光ファイバ伝送路6内の各

々において与えられるレッドシフトチャタリングとSP

Mによるブルーシフトチャタリングとが相殺され、図4

の(A)に符号bで示されるように、伝送可能距離は比

較的長い。これに対して、正常分散領域では、波長分散によ

るブルーシフトチャタリングとSPMによるブルーシフ

トチャタリングとが相殺される分だけ、図4の

(B)に符号cで示されるように、伝送可能距離は比較

的短い。

10032)図4の(A)及び(B)のそれぞれを光パ

ワーと距離との関係に書き換えたもの(図3の(B)及

び(C)である。伝送可能距離として受信信号のSN限

界を考慮する必要がある。図3の(B)及び(C)

の各々において、SN限界は符号SNLで示されてい

る。また、図3の(B)及び(C)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

号WDLは図4の(A)及び(B)の各々において、符

ていて、

10044)これに対して、本発明方法により光送信機

8から出力される光信号の光パワーを制御又は調整する

ことによつて、光ファイバ伝送路6の状態に応じて常に

良好な伝送品質が得られるので、長い伝送可能距離を得

ることができ、あるいは、伝送可能距離の広い範囲を得

ることができ、ある。

10045)図4は本発明に適用することができる光増

幅器の概略図を示すブロック図である。この光増幅器

は、光増幅器22(ポストアンプ)、光増幅器24(プ

リアンプ)、あるいは後述する光中継器に含まれる光増

幅器として用い、ることができる。

10046)この光増幅器は、増幅されるべき光信号が

供給される入力ポート30と、増幅された光信号を出力

する出力ポート32と、ポート30及び32間の主光路

上に設けられる増幅ユニット34及び光カプラ36とを

有している。

10047)増幅ユニット34は、入力ポート30から

の光信号が供給される光増幅媒体と、光増幅媒体が供給

された光信号に利得を与えるように光増幅媒体をポンビ

ンダするポンピングユニットとを備えている。光増幅媒

体としてレーザダイオードの増幅面を反折率を低くして

得られる半導体チップが用いられている場合には、ポン

ピングユニットは半導体チップに注入電流を供給するた

めの電流源によって提供される。この場合、注入電流に

応じて決定される利得が光信号に与えられる。

10048)ここでは、1.55μm帯の光信号に適合

するために、光増幅媒体としてエルビウムドープファイ

バ(EDF)38が用いられている。EDF38の第1

端は入力ポート30に光学的に接続され、第2端は光カ

プラ36に光学的に接続されている。ポンピングユニッ

トは、予め定められた波長を有するポンプ光をEDF3

8へ供給するためのポンプ光源としてのレーザダイオー

ド40によって提供される。ポンプ光の波長は例えば

0.98μm帯あるいは1.48μm帯に設定される。

10049)図示しないWDMカプラを用いてレーザダ

イオード40をEDF38の第1端に光学的に接続する

ことにより、光信号及びポンプ光はEDF38内を同じ

向きに伝播するので、フォワードポンピングが行われ

る。同じくWDMカプラを用いてレーザダイオード40

をEDF38の第2端に光学的に接続する場合には、光

信号及びポンプ光はEDF38内を互いに逆向きに伝播

することにより、バックワードポンピングがなされる。2つの

WDMカプラを用いて2つのポンプ光源をそれぞれED

F38の第1端及び第2端に光学的に接続することによ

って、双方向ポンピングを行うようにしてもよい。

10050)レーザダイオード40には駆動電流42か

ら駆動電流(DCバイアス電流)が供給されており、駆

動電流に応じて決定される利得がEDF38において生

じる。

10051)与えられた利得に基づき増幅ユニット34

内で増幅された光信号の大部分は、光カプラ36を通

て出力ポート32から出力される。増幅された光信号の

残りは光カプラ36によってモニタ光として分岐され、

モニタ光はフォトダイオード等からなるフォトディク

タ(PD)44に供給される。

10052)フォトディクタ44は受け取ったモニタ光の

パワーに対応する電圧レベルを有する信号を出力する。

光カプラ36は一般例には供給される光信号のパワーに

依存しない分岐比を有している。出力ポート32か

ら出力される光信号の光パワーはフォトディクタ44

の出力信号の電圧レベルに反映される。

10053)フォトディクタ44の出力信号は比較器

46に供給される。比較器46は、フォトディクタ4

4の出力信号の電圧レベルと基準電圧Vrefとの差が

0又は一定になるように、駆動電流42がレーザダイオ

ード40に供給する駆動電流をフィードバック制御す

る。

10054)このようなフィードバックループを採用し

たことにより、出力ポート32から出力される光信号の

光パワーを、基準電圧Vrefによって決定される一定

のレベルに維持することができ(自動レベル制御: A

L.C.)。

10055)特にこの実施形態では、制御ユニット10

(図1参照)は基準電圧発生回路48によって提供され

ている。回路48は、供給された制御信号CSに依っ

て、制御電圧Vrefを発生する。従つて、制御信号CSに

基づきこの光増幅器のA.L.C.の目標値を定めることがで

きる。

10056)図7は図1に示されるモニタユニット14

の実施形態を示すブロック図である。光ファイバ伝送路

8により伝送された光信号は、プリアンプとしての光増

幅器24により増幅され、増幅された光信号は光カプラ

50により第1の信号ビーム及び第2の信号ビームに分

岐される。第1の信号ビームは第1のO/E変換器(光

受信機)12に供給される。O/E変換器12は、受け

取った信号ビームに基づき主信号を再生する。

10057)第2の信号ビームは、モニタユニット14

に送られる第2のO/E変換器52に供給される。O/

E変換器52の出力信号はエラー検出回路54に供給さ

れ、それにより主信号の符号誤り率に匹敵するエラー情報

が得られる。

10058)O/E変換器52には可変の感度レベルが

与えられており、その感度レベルとエラー検出回路54

で得られたエラー情報とに基づき、アイ開口度算出回路

56がアイ開口度を算出することができ、得られたア

イ開口度はアイ開口情報として提供される。

10059)図8を参照すると、図7に示されるモニタ

ユニット14のO/E変換器52の具体的な構成が示さ

れている。光カプラ50(図7参照)からの第2の信号

ビームは、逆バイアスを与えられているフォトダイオード57に供給される。フォトダイオード57に供給される信号ビームの変調による強度変化又は光パワー変化に従ってフォトダイオード57のノードの電位が変化する。そのフォトダイオード57の電位の変化がフォトダイオード7の出力電圧信号となる。出力電圧信号は等化増幅器58で等化増幅され、等化増幅された信号は増幅器82に供給される。

【0060】タイミング再生器60は等化増幅器58の信号に基づきクロックを発生する。増幅器82は、タイミング再生器60からのクロックと与えられている増幅レベルとに基づき、等化増幅された信号の増幅タイミングにおけるハイレベル及びローレベルを識別する。

【0061】尚、主信号系のO/E変換器12は、図8に示されるO/E変換器52において増幅器82に与えられる増幅レベルが一定になるような変換を行うことにより得ることができ、

【0062】図7の実施形態によると、O/E変換器12からの主信号を得ながら、波形劣化に関連するパラメータ（符号誤り率あるいはアイ開口度）をモニタユニット14が検出することができ、システムの初期設定後のインサービスマニュアルにおいても、主信号の最適への制御を継続的に行うことができる。

【0063】図7の実施形態では、ステップ2の信号ピームを用いているが、光カプラー5.0及びO/E変換器52を省略して、O/E変換器12に含まれる等化増幅器の出力信号を第1及び第2の信号に分配し、第1の信号を主信号の復調のために用い、第2の信号をエラー検出及びアイ開口度の判定に用い、るようになる。この場合、O/E変換器12の受信パワーを高くすること、光カプラーと共、光学部品の数点を少なくすることができ、

【0064】図8は本発明によるシステムの実施形態を示すブロック図である。ここでは、第2の増幅装置4から第1の増幅装置2への監視情報の伝送に、光ファイバ伝送路6とは別の光ファイバ伝送路64が用いられている。即ち、光ファイバ伝送路6は第1の増幅装置2から第2の増幅装置4に向かう下り回線として使用され、光ファイバ伝送路64は第2の増幅装置4から第1の増幅装置2に向かう上り回線として使用されている。

【0065】第2の増幅装置4の送信ユニット16から出力された、監視情報を含む光信号は、ポンプアップとされている増幅器86により増幅されて、増幅された光信号は光ファイバ伝送路64にその第1増幅器64から供給される。光ファイバ伝送路64の第2増幅器64は出力された光信号は、プリアンプとしての増幅器88により増幅されて、増幅された光信号は第1の増幅装置2の受信ユニット18に供給される。

【0066】送信ユニット16は、モニタユニット14で検出されたパラメータに関する監視情報を上り回線の

主信号に挿入する監視情報挿入回路70と、回路70の出力信号を光信号に変換するE/O変換器72とを含む。

【0067】また、受信ユニット18は、増幅器88で増幅された光信号を受信信号に変換するO/E変換器74と、O/E変換器74の出力信号から監視情報を抽出する監視情報抽出回路76とを含む。回路76は抽出された監視情報に基づき制御信号CSを生成する。

【0068】図9に示されるシステムによると、光ファイバ伝送路64により伝送される監視情報は、第1の増幅装置2の光送信機8から出力される光信号のパワーを最適値に制御することができ、具体的に次の通りである。

【0069】まず初期立ち上げ状態では、光ファイバ伝送路6及び64の各々にある程度光信号が通る状態を得るために、光ファイバ伝送路6及び64の増幅（SMF/DSF）並びに伝送距離に応じた光信号の送出パワーを設定する。図5の（A）に示されるようにSMF及びDCFの組み合わせが採用されている場合には、DCFの分配値も設定される。

【0070】次に、第1の増幅器8の光送信機8から出力される光信号のパワーを変化させ、第2の増幅装置4のモニタユニット14が波形劣化に関連するパラメータ、例えば符号誤り率が増加される。この場合、エラー情報に基づき監視情報が増えるので、得られた監視情報が増減ユニット16から受信ユニット18に伝送される。

【0071】第1の増幅器8では、光送信機8から出力される光信号のパワーの変化とエラー情報の対応から、光パワーの最適値を求めることができる。その最適値により、光送信機8から光ファイバ伝送路6へ送出される光信号のパワーを常に最適値に維持することができ、波長分散及び非線形特性の補償が可能になる。

【0072】この実施形態では、光ファイバ伝送路6に送出される光信号のパワーを最適化しているが、増幅装置2及び4の機能を逆転させることにより、光ファイバ伝送路64に送出される光信号のパワーを最適化することもできる。そのような変更は当業者であれば極めて容易に行うことができるので、その説明は省略する。

【0073】光パワーの最適化は、機器が回線に導入される初期段階や障害復旧時等に行う必要がある。但し、システムが一旦恒常状態となれば、伝送条件は実質的に安定化されるため、光パワーの最適値が小さく変化する。これは少ない、従って、図9に示されるシステムのように制御ユニット10を用いて自動制御を行うのではなく、本発明方法に従ってマニュアルによる光送信機8から出力される光信号のパワーを調整してよくよい。

【0074】図10は本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図である。図10に示されるシステ

ムは、図1又は図9に示されるシステムと対比して、光ファイバ伝送路6の途中に複数の光増幅器78（#1、#N）が設けられている点で特徴付けられる。

【0075】光増幅器78（#1、#N）の各々は増幅装置として提供される。増幅装置は、受けた光信号をアナログ的に増幅する増幅器であり、波形形成等を行う再生増幅器とは区別される。光増幅器78（#1、#N）の各々は、受けた光信号を増幅するため増幅器80を有している。

【0076】特にこの実施形態では、光ファイバ伝送路64の途中にも複数の光増幅器82（#1、#N）が設けられている。光増幅器82（#1、#N）の各々は増幅器84を有する。

【0077】以下、図10に示されるシステムの特長に光ファイバ伝送路6への本発明のいくつかの適用形態を説明する。第1の適用形態では、各増幅器80の出力レベル（出力光信号の光パワー）が一定の値に設定（固定）される。この場合、各増幅器80の出力レベルが高いために起因する非線形特性の影響はほぼ一定であるので、本発明に従って第1の増幅器8の光送信機8から出力される光信号の光パワーを容易に最適値に設定することができ、各増幅器80としては、図9に示される増幅器において基準電圧Vrefを一定にしたものを用いることができる。

【0078】第2の適用形態では、光送信機8及び各増幅器80の出力レベルが互いに等しくされる。即ち、制御信号CS（図9参照）に従って光送信機8及び増幅器80の各出力レベルが制御される。

【0079】第3の適用形態では、光送信機8及び各増幅器80の出力レベルが第1の増幅装置2から第2の増幅装置4に向かっている逆の順に順次制御される。第2及び第3の適用形態の各々においても、各増幅器80の出力レベル（又は利得）が制御信号CSに従って変化させられる。従って、各増幅器80として図6に示される増幅器が用いられている場合には、制御信号CSに従って基準電圧Vrefが制御される。

【0080】第2及び第3の適用形態では、光増幅器78（#1、#N）の各々においても制御信号CSが必要になる。制御信号CSを含む特定の監視情報を第1の増幅装置2から光増幅器78（#1、#N）の各々へ伝送する必要がある。

【0081】図11は図10に示されるシステムにおいて特定の監視情報を伝送するための改変を示すブロック図である。ここでは、第1の増幅装置2は、制御信号CSに基づいて生成される特定の監視情報（監視信号）を監視光信号に変換するためのE/O変換器86を有している。E/O変換器86は出力された監視光信号は、WDM（波長分割多重）カプラー88により、光送信機8から出力される主信号に挿入される。従

って、監視光信号の波長は光送信機8から出力される光

信号の波長とは異なる。  
【0082】符号78は図10に示される光増幅器78（#1、#N）の各々を示している。各光増幅器78では、WDMカプラー90により監視光信号が抽出され、抽出された監視光信号はO/E変換器92により監視信号に変換される。O/E変換器92から出力された監視信号は監視回路（SV）94に供給される。  
【0083】監視回路94は、監視信号に従って増幅器80の出力レベル（又は利得）を調整する。例えば、図8に示される増幅器増幅器増幅器80として用いられている場合には、監視信号に従って基準電圧Vrefを設定される。

【0084】監視回路94に供給された監視信号あるいは監視回路94において更新された監視信号はO/E変換器96に供給され、O/E変換器96から出力された監視光信号は、WDMカプラー98により、増幅器80により増幅された光信号に混合される。

【0085】第2の増幅器4においては、WDMカプラー90により監視光信号が抽出され、抽出された監視光信号はO/E変換器102により監視信号に変換される。O/E変換器102から出力された監視信号は監視回路104に供給され、監視回路104の出力信号は、モニタユニット14の出力信号と共に上り回線へ送られる。  
【0086】次に、第3の適用形態を実施する場合について、図12を参照して、図10（図11）に示されるシステムにおける制御フローを説明する。まず、ステップ112では、伝送路に関する初期情報が入力される。初期情報としては、伝送路の種類（DSF/SMF/他）、各増幅器間の距離、分散補償の有無及びある場合の補償量、伝送路パラメータ（損失係数、分配係数、非線形係数）等がある。

【0087】次に、ステップ114では、入力された初期情報に基づき、第1の増幅器2からの光信号がある程度の伝送品質で第2の増幅装置4まで伝送されるようにするために、光送信機8及び各光増幅器80の出力レベルが初期設定される。

【0088】次に、ステップ116では、最適値及び最適値が設定が行われる。即ち、光送信機8、光増幅器78（#1、#N）、光増幅器78（#2、#N）の順で各出力レベルが設定される。

【0089】次に、ステップ120では、全回線の設定が終了したか否かが判断される。全回線の設定が終了していない場合には、ステップ116に戻り、今度は上り回線についての最適値及び最適値が開始される。

【0091】そして、全回線の設定が終了した時点で、ステップ122に進み、設定情報が例えば第1の増幅装

図2に載けられているCPUに付随するメモリ装置に記される。

【0082】図12の制御フローでは、下り回線については、第1の焼局装置2から第2の焼局装置4に向かう焼局で設定が行われていくが、較定の順序を逆にしてもよい。また、同じようにして、上り回線についての設定を行うことができる。

【0083】  
【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、波長分散及び非線形性を補償して長距離伝送を可能にすることができ、光ファイバ通信のための方法並にその方法の実施に使用する焼局装置及びシステムを提供可能になるという効果が生じる。本発明の特定の実施形態による効果については以上説明した通りであるのでその説明を省略する。

【図面の簡単な説明】  
【図1】図1は本発明によるシステムの基本構成を示すブロック図である。  
【図2】図2は光ファイバの分散特性を示すグラフである。

【図3】図3の(A) - (C)はDSF(分散シフトファイバ)を用いた場合の伝送可能距離を説明するための図である。  
【図4】図4の(A)及び(B)はDSFの伝送特性を説明するための図である。  
【図5】図5の(A) - (C)はSMF(シングルモードファイバ)を用いた場合の伝送可能距離を説明するた\*

【図3】  
DSFを用いた場合の伝送可能距離を説明するための図

【図4】  
DSFの伝送特性を説明するための図

【図5】  
SMFを用いた場合の伝送可能距離を説明するための図

【図6】  
光増幅器の構成形態を示すブロック図

【図7】  
モニタユニットの構成形態を示すブロック図

【図8】  
本発明によるシステムの基本構成を示すブロック図

【図9】  
光ファイバの分散特性を示すグラフ

【図10】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図11】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図12】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図13】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図14】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図15】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図16】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図17】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図18】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図19】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図20】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図21】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

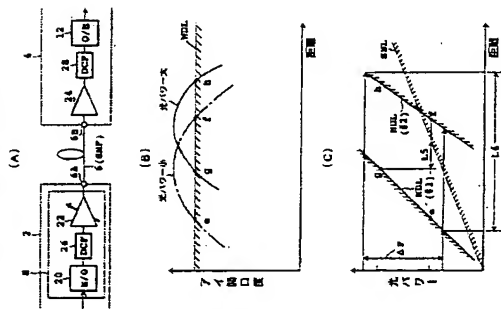
【図22】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図23】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

【図24】  
本発明によるシステムの他の実施形態を示すブロック図

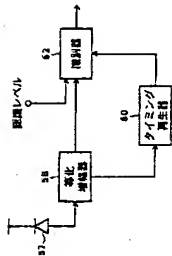
【図5】

SMFを用いた場合の  
伝送可能距離を算出するための図



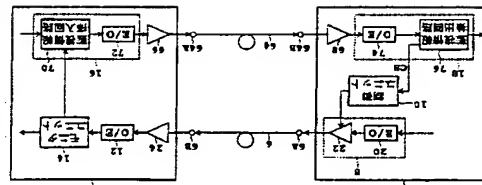
【図8】

図7に示されるモニタユニットの  
O/E変換部の構成形態を示すブロック図



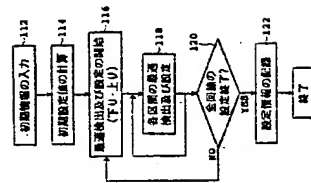
【図9】

本発明によるシステムの構成形態を示すブロック図



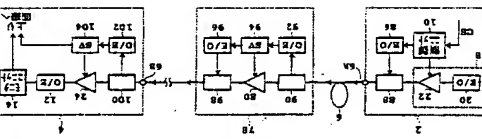
【図12】

図10 (図11) に示される  
システムにおける制御フローを示すフローチャート



【図11】

図10に示されるシステムにおいて特定の  
監視情報を伝送するための状態を示すブロック図



フロントページの続き

(72)発明者 河崎 由美子  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72)発明者 岡野 信  
北海道札幌市中央区北一条西2丁目1番地  
富士通北海道デジタル・テクノロジー株  
式会社内

Fターム(参考) 5K007 A401 A403 B413 G401 G413  
E405 F401 F402 G403  
5K045 A408 I015